



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 **Offenlegungsschrift**  
10 **DE 195 31 561 A 1**

51 Int. Cl.<sup>8</sup>:  
**F 01 D 5/26**

21 Aktenzeichen: 195 31 561.8  
22 Anmeldetag: 28. 8. 95  
43 Offenlegungstag: 6. 3. 97

DE 19531561 A 1

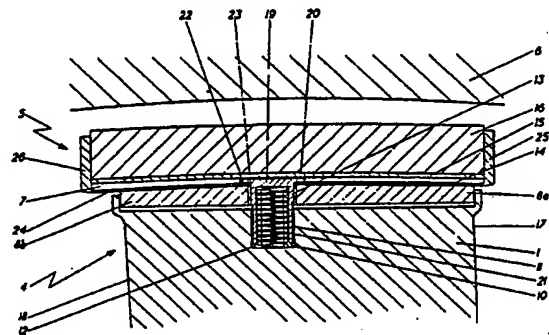
71 Anmelder:  
ABB Research Ltd., Zürich, CH  
74 Vertreter:  
Rupprecht, K., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 61476 Kronberg

72 Erfinder:  
Ernst, Peter, Dr., Niederglatt, CH; Mallick, Vishal,  
Dr., Birmenstorf, CH; Nguyen, Uy-Liem, Dr.,  
Baden-Dättwil, CH

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht zu ziehende Druckschriften:  
DE-OS 24 20 306  
DE-OS 20 03 948

54 Versteifungen für Turbinenschaufeln

57 Bei einer axial durchströmten Turbomaschine ist an den Enden (4) der rotierenden Schaufeln (1), welche gegen eine strömungsbegrenzte Wand eines Turbinengehäuses (6) dichten, ein selbsttragendes Versteifungsband (14) ringförmig angeordnet. Dieses Versteifungsband (14) weist einen zur strömungsbegrenzenden Wand offenen, U-profilförmigen Querschnitt auf. Durch Bohrungen (23) im Versteifungsband (14) sind radial verschlebbare Befestigungsmittel (13) an den Enden (4) der Schaufeln (1) angeordnet. Ein Metallband (15) und ein Kunststoffband (16) sind in dem U-profilförmigen Versteifungsband (14) angeordnet. Das Metallband (15) verhindert das Herausfallen der Befestigungsmittel (13) und das Kunststoffband dient der Verfestigung der gesamten Versteifungsvorrichtung (5).



DE 19531561 A 1

## TECHNISCHES GEBIET

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Versteifung von rotierenden Schaufeln einer axial durchströmten Turbomaschine, bei welcher die rotierenden Schaufeln an ihren Enden gegen die strömungsbegrenzende Wand eines Turbinengehäuses dichten.

## STAND DER TECHNIK

Bei Turbomaschinen sind die rotierenden Schaufeln für ein bestimmtes Feld der Betriebsbedingungen resonanzfrei ausgelegt. Durch variierende Betriebsbedingungen, z. B. Volumenstromänderungen des strömenden Arbeitsfluids oder Gegendruckbetrieb im Grenzgebiet, werden die Schaufeln stochastisch zu Schwingungen angeregt. Im Fall einer auftretenden Schwingungsresonanz können diese mechanischen Beanspruchungen zum Versagen der Schaufeln führen.

Zur Unterdrückung dieser Schwingungsresonanzen sind verschiedene Einrichtungen entwickelt worden, die die Schaufeln aneinanderkoppeln und damit versteifend wirken. Bekannte Konzepte sind beispielsweise Dämpferdrähte, Dämpferbolzen, Schaufeldeckplatten, sowie angeschmiedete Nocken mit Stiften.

Derartige Einrichtungen für die Versteifung von Schaufeln sind beispielsweise bekannt aus DE B 1 299 004 und US 3 185 441.

Dabei sind die Einsatzbereiche der vorgeschlagenen Versteifungs- und Dämpfungsmittel beschränkt. Bohrungen für die Aufnahme von Dämpferdrähten oder Dämpferbolzen beeinträchtigen die Festigkeit der Schaufelprofile, wobei die Dämpferdrähte und -bolzen selbst die Strömungseigenschaften des strömenden Arbeitsfluids verschlechtern.

Hohe Fliehkräfte treten wegen der Schaufelblattbeanspruchung nachteilig ins Gewicht bei der Versteifung mittels Schaufeldeckplatten, welche benachbarte Schaufelköpfe zu einem geschlossenen Ring aneinanderkoppeln und durch Reibschluß versteifend wirken. Die Ausführung und Bearbeitung dieser Schaufeldeckplatten, sowie die Schaufelmontage mit diesen Deckplatten ist wegen der geforderten Maßgenauigkeit aufwendig und teuer.

Hinzu kommt, daß bei den Versteifungsvorrichtungen, die auf Reibschluß benachbarter Schaufeln basieren, durch eine Abnutzung der Kontaktflächen die geforderte Versteifung und Dämpfung beeinträchtigt wird und somit Revisionen nötig sind.

## DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zur Versteifung für Turbinenschaufeln der eingangs genannten Art zu schaffen, mit der benachbarte Schaufeln mittelbar an ihren Spitzen aneinanderkoppeln, ohne daß die Schaufeln mit zusätzlicher Hasse der Vorrichtung und den damit verbundenen Fliehkräften belastet werden.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die Merkmale des ersten Anspruchs gelöst.

Die Vorteile der Erfindung sind unter anderem in der vergleichsweise geringen Masse der Vorrichtung und ihrer Festigkeit zu sehen. Besonders vorteilhaft ist hier die Verwendung einer Titanlegierung für alle metalli-

schen Bestandteile der Vorrichtung.

Zudem ist die Vorrichtung in radialer Richtung nicht an den Schaufeln fixiert. Die Vorrichtung ist selbsttragend, und stellt somit für die Schaufeln keine zusätzlichen Fliehkraftbelastungen dar.

Eine bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung zeichnet sich dadurch aus, daß das Versteifungsband durch ein mit Endlosfasern verstärktes Kunststoffband radial gegen die auftretenden Fliehkräfte gestützt wird, wobei das Kunststoffband aus besonders temperaturfesten Thermoplasten mit Kohlenstoffasern als Verstärkung hergestellt wird.

## KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNG

In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand der Endstufe einer Dampfturbine vereinfacht dargestellt.

Es zeigen:

Fig. 1 einen Längsschnitt durch eine Turbinenstufe, bei der die eine Laufschaufel mit einer Vorrichtung zur Versteifung gegen das Turbinengehäuse dichten;

Fig. 2 einen Schnitt durch die Vorrichtung nach der Linie II-II gemäß Fig. 1;

Fig. 3 einen Schnitt durch die Vorrichtung nach der Linie III-III gemäß Fig. 2.

Es sind nur die für das Verständnis der Erfindung wesentlichen Elemente gezeigt. Nicht dargestellt in der Zeichnung ist eine Draufsicht auf die ringförmig um die Laufschaufelreihe montierte Versteifungsvorrichtung an dem Turbinenrad.

## WEG ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

Fig. 1 zeigt einen Schnitt der letzten Stufe einer Turbine, bestehend aus einer Leitreihe mit Leitschaufeln 27 und einer Laufschaufelreihe mit Laufschaufeln 1. Die Laufschaufeln 1 sind an ihrem Schaufelfuß 2 in einem Rotor 3 verankert. Sie dichten an ihrem Schaufelende 4 mit einer Versteifungsvorrichtung 5 gegen ein Strömungsgehäuse 6, im vorliegenden Fall gegen den Leitschaufelträger. Dabei ist die Versteifungsvorrichtung 5 ringförmig, und umschließt alle Laufschaufeln 1 einer Turbinenstufe an ihren Schaufelenden 4.

Fig. 2 zeigt in einem Schnitt durch das Schaufelende 4 eine parallel zur Druck- und Saugseite zwischen der Vorderkante 17 und Hinterkante 18 angeordnete Nut 7, die radial vom Schaufelende 4 in Richtung Schaufelfuß weist.

Ebenfalls zwischen der Vorderkante 17 und Hinterkante 18 ist das Schaufelende 4 auf der Druck- und Saugseite mit einer Verdickung 9 versehen, die in radialer Richtung von dem Schaufelende 4 zum Schaufelfuß eine Bohrung 10 aufweist.

Fig. 3 zeigt im Schnitt durch das Schaufelende 4 die Versteifungsvorrichtung 5 und deren Anordnung an der Laufschaufel 1. Die Versteifungsvorrichtung 5 besteht hier im wesentlichen aus

- einem metallischen Versteifungsband 14, daß an einem Schaufelenden 4 angeordnet ist und die Laufschaufeln 1 eines Turbinenrades ringförmig umschließt, wobei das Versteifungsband 14 einen U-profilförmigen Querschnitt aufweist, und mit seiner offenen Seite der strömungsbegrenzenden Wand eines Strömungsgehäuses 6 zugewandt ist;
- Befestigungsmittel 11, 12, 13, mit denen durch eine Bohrung 23 im Versteifungsband 14, dasselbe

an die Schaufelenden 4 gekoppelt ist;  
— einem ringförmigen Metallband 15 und einem ringförmigen Kunststoffband 16, welche beide in das U-Profil des Versteifungsbandes 14 eingelegt sind.

Das U-profilförmige Versteifungsband 14 mit der Grundseite 24 und den Schenkeln 25, 26 hat gegenüber den Schaufelenden 4 jeweils in seiner Grundseite 24 eine Bohrung 23, in der ein einseitig mit einem Flansch 19 verschlossener Hohlzylinder radial angeordnet ist. Der Durchmesser des radial außen liegenden Flansches 19 ist größer als der Durchmesser der Bohrung 23, wodurch das Versteifungsband 14 in der Radialen mittels einem Kragen 20 gehalten wird. Das ringförmige Metallband 15 ist in das U-Profil des Versteifungsbandes 14 eingelegt, und sichert die Hohlzylinder 13 gegen radiales Herausfallen. Das Kunststoffband 16 ist mit Endlosfasern verstärkt, und umgibt das Metallband 15. Hierbei dient das Kunststoffband 16 der Festigkeit der gesamten Versteifungsvorrichtung gegen die betriebsbedingt auftretenden Fliehkräfte.

In der Nähe der offenen Seite des Hohlzylinders 13 ist seine Mantelfläche von einer ringförmigen Nut 21 umgeben, in der eine Ringfeder 11 angeordnet ist. Diese Ringfeder 11 sitzt mit ihrer äußeren Mantelfläche federnd in der Bohrung 10 des Schaufelendes 4, und zentriert somit den Hohlzylinder 13 in dieser Bohrung. Die radial verlaufende Bohrung 10 in dem Schaufelende 4 ist tiefer als die Tiefe der Nut 7, so daß die in die Bohrung 10 eingesetzte Ringfeder 11 bei ruhender Maschine nicht über den Nutgrund in die Nut 7 hineinragt.

Der Durchmesser des Versteifungsbandes 14 ist größer als der des Turbinenlaufrades. Damit sich das Versteifungsband 14 radial gleichmäßig um ein Turbinenlaufrad legt, ist in jedem Hohlzylinder 13 eine Schraubendruckfeder eingesetzt, die sich zwischen dem Bohrungsgrund der Bohrung 10 und dem Flansch 19 abstützt. Mittels dieser Anordnung ist die radiale Position des Versteifungsbandes 14 definiert, wobei zu berücksichtigen ist, daß sich die Versteifungsvorrichtung 5 aufgrund betriebsbedingter Fliehkräfte und Wärmeeinfluß stärker ausdehnt als das umschlossene Turbinenrad, und somit ist die Versteifungsvorrichtung 5 in radialer Richtung beweglich mittels der Hohlzylinder 13 gehalten.

Zwischen dem Kragen 20 und der Nut 21, die die Mantelfläche des Hohlzylinders 13 umschließt, ist dieser von einem weiteren Hohlzylinder 22 passend umgeben. An diesem Hohlzylinder 22 sind Dichtungen 8a und 8b angeordnet, welche die Nut 7 im Schaufelende 4 zwischen Vorderkante 17 und Hinterkante 18 ausfüllen. Diese Dichtungen 8a, 8b dienen der Reduktion von Abströmverlusten des strömenden Arbeitsfluids. Wie bereits erwähnt dehnt sich die Versteifungsvorrichtung 5 gegenüber dem umschlossenen Turbinenrad aus, womit der Abstand zwischen dem Versteifungsband 14 und den Schaufelenden 4 wächst. Hierdurch würde sich zusätzlich zum verlustbehafteten Abströmkanal zwischen einem Strömungsgehäuse 6 und einem Turbinenrad ein weiterer Abströmkanal zwischen dem Versteifungsband 14 und den Schaufelenden 4 ausbilden. Die bei Ausdehnung der Versteifungsvorrichtung 5 aus der Nut 7 heraustretenden Dichtungen 8a, 8b verhindern das ungewollte Abströmen des Arbeitsfluids an dieser Stelle.

In radialer Richtung ist das Versteifungsband 14 nicht fest mit den Schaufelenden 4 verbunden. Es ist begrenzt radial beweglich, und dementsprechend selbsttragend.

Die Masse der Versteifungsvorrichtung 5 belastet somit nicht die Laufschaufeln 1 mit zusätzlichen Fliehkräften.

In axialer und tangentialer Richtung sind die Schaufelenden 4 mittels Versteifungsvorrichtung 5 federnd aneinandergesekoppelt. Diese federnde Kopplung der Schaufelenden 4 verstimmt die möglichen Schwingungsresonanzen der Laufschaufeln 1 dahingehend, daß sie im wesentlichen unter Betriebsbedingungen uneinflusst bleiben und in einem breiteren Anwendungsbereich hinsichtlich Volumenstromänderungen des strömenden Arbeitsfluids oder Gegendruckbetrieb Verwendung finden, ohne daß schaufelgefährdende Schwingungszustände auftreten.

Um bei möglichst geringer Masse eine hohe Festigkeit der Vorrichtung zur Versteifung 5 zu erzielen, sind die metallischen Teile wie der Hohlzylinder 13, der Hohlzylinder 22 mit den Dichtungsblättern 8a, 8b, das Versteifungsband 14 und das Metallband 15 aus einer Titanlegierung hergestellt.

Das mit Endlosfasern verstärkte Kunststoffband 16 ist aus einem besonders temperaturfesten Thermoplasten gefertigt, welches Kohlenstoffasern als Verstärkung enthält.

Selbstverständlich ist die Erfindung nicht auf das gezeigte und beschriebene Ausführungsbeispiel beschränkt.

So ist anstelle einer Titanlegierung für die metallischen Bauteile der Vorrichtung 5 auch ein anderer Werkstoff mit ähnlichen Eigenschaften denkbar im Sinne der Erfindung. Gleiches gilt ebenfalls für das Kunststoffband 16.

#### Bezugszeichenliste

- 1 Laufschaufel
- 2 Schaufelfuß
- 3 Rotor
- 4 Schaufelende
- 5 Versteifungsvorrichtung
- 6 Strömungsgehäuse
- 7 Nut
- 8 Dichtung
- 9 Verdickung
- 10 Bohrung
- 11 Ringfeder
- 12 Schraubendruckfeder
- 13 Hohlzylinder
- 14 Versteifungsband
- 15 Metallband
- 16 Kunststoffband
- 17 Vorderkante
- 18 Hinterkante
- 19 Flansch
- 20 Kragen
- 21 Nut
- 22 Hohlzylinder
- 23 Bohrung
- 24 Grundseite
- 25 Schenkel
- 26 Schenkel
- 27 Leitschaufel

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung (5) zur Versteifung von rotierenden Schaufeln (1) einer axial durchströmten Turbomaschine, bei welcher die rotierenden Schaufeln (1) an ihren Enden (4) gegen die strömungsbegrenzende

Wand eines Turbinengehäuses (6) dichten, dadurch gekennzeichnet, daß um die rotierenden Schaufeln (1), an ihren Enden (4) ein selbsttragendes Versteifungsband (14) ringförmig angeordnet ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

- daß das Versteifungsband (14) einen zur strömungsbegrenzenden Wand des Turbinengehäuses (6) offenen, U-profilförmigen Querschnitt aufweist, 10
- daß das Versteifungsband (14) mit Bohrungen (23) versehen ist, in denen radial verschiebbare Befestigungsmittel (13) angeordnet sind, die das Versteifungsband mit den Enden (4) der rotierenden Schaufeln (1) koppelt, und 15
- daß in dem U-profilförmigen Querschnitt des Versteifungsbandes (14) ein Metallband (15) eingelegt ist, welches von einem Kunststoffband (16) umgeben ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Versteifungsband (14), das Metallband (15) und die Befestigungsmittel (13) aus einer Titanlegierung, und das Kunststoffband (16) aus einem mit Kohlenstoffasern verstärkten Thermoplasten gefertigt ist. 20 25

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

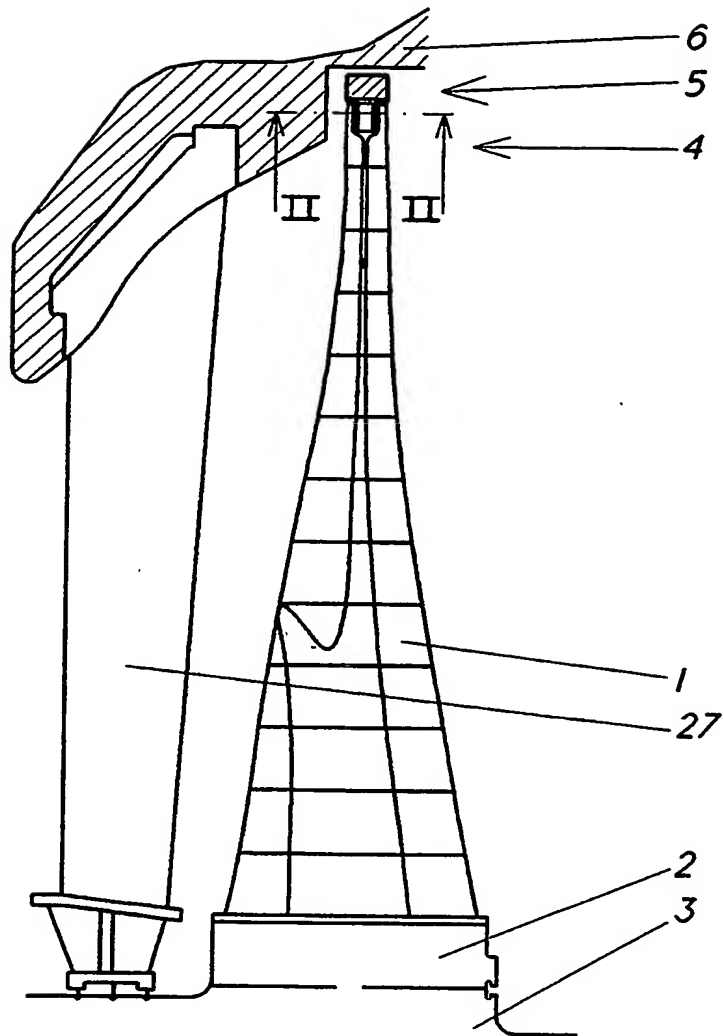


FIG. 1

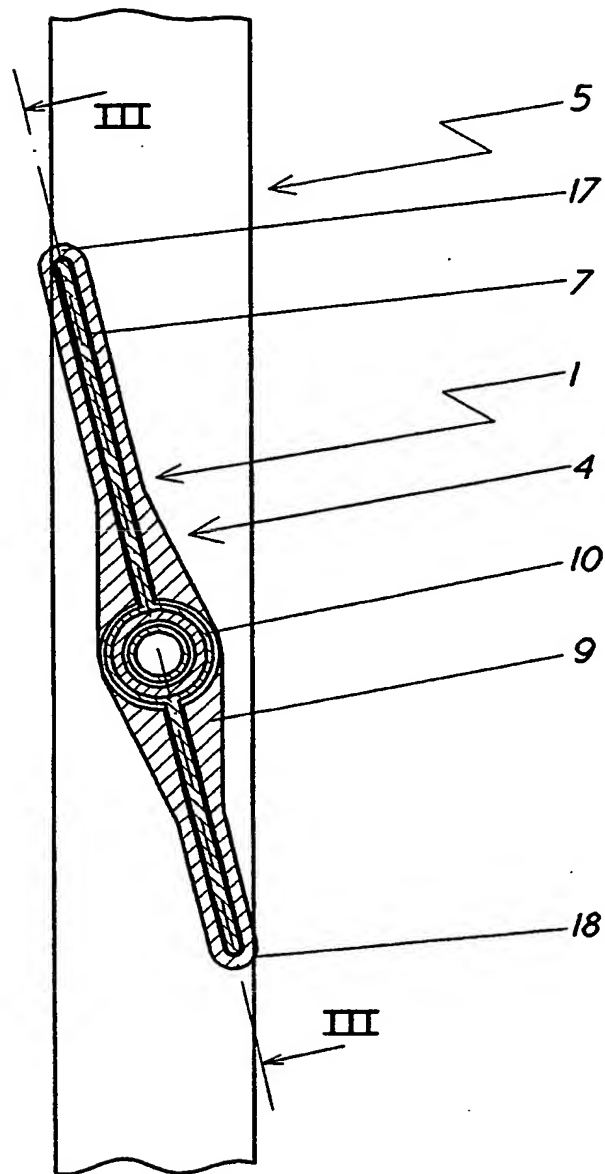


FIG. 2

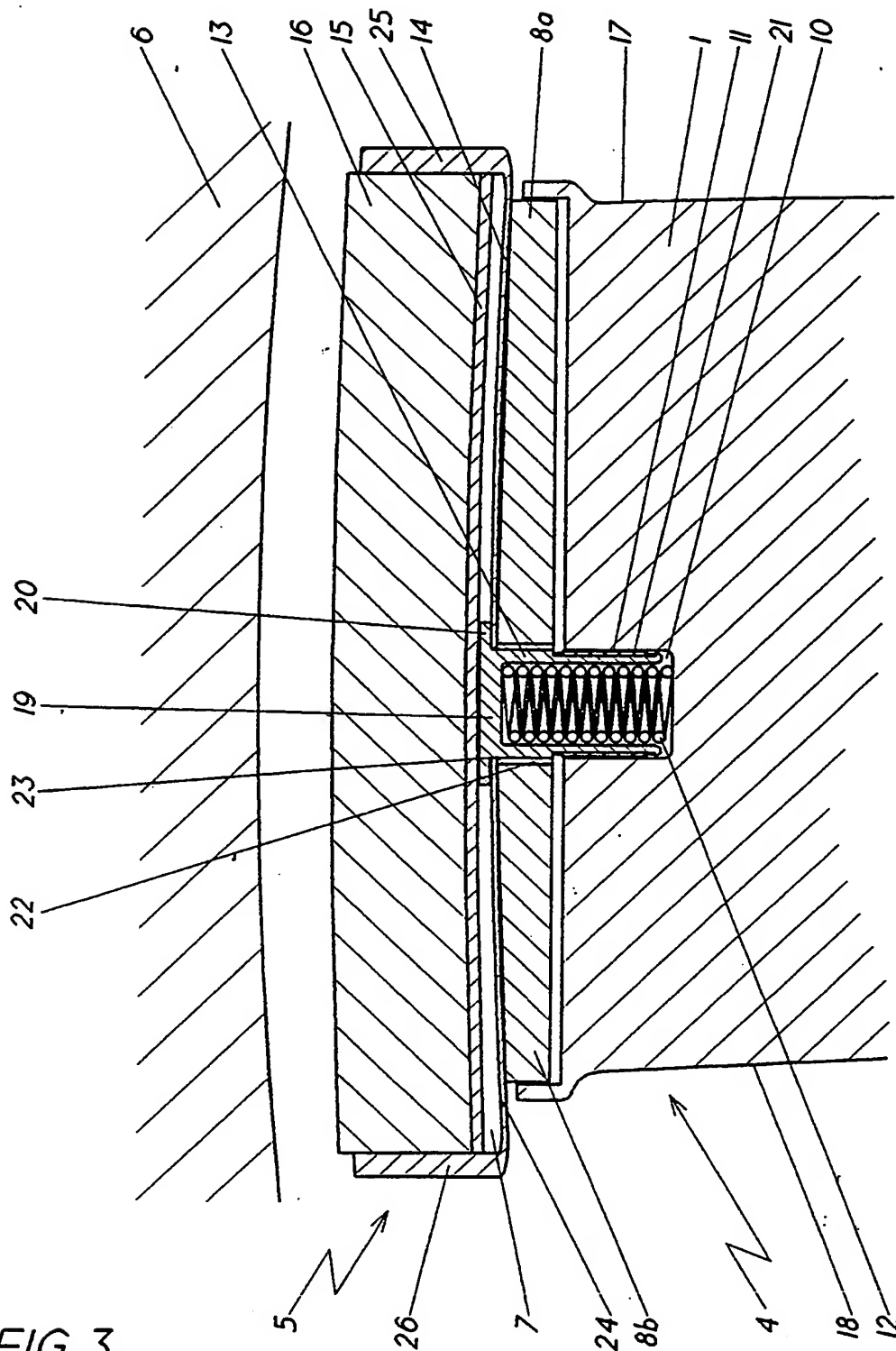


FIG. 3